

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-66195

(P2001-66195A)

(43) 公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>*</sup> (参考)
G 0 1 K	7/36	G 0 1 K	A 2 F 0 5 5
	1/14		L 2 F 0 5 6
G 0 1 L	1/14	G 0 1 L	A 4 M 1 1 2
			B
	9/10	9/10	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-242061

(22) 出願日 平成11年8月27日 (1999.8.27)

(71) 出願人 000250753

瘦和電子株式会社

宮城県仙台市若林区南材木町48番地

(71) 出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(72) 発明者 荒井 賢一

宮城県塩竈市南町6番14号

(72) 発明者 石山 和志

宮城県仙台市青葉区上杉三丁目7番5号

(74) 代理人 100077665

弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

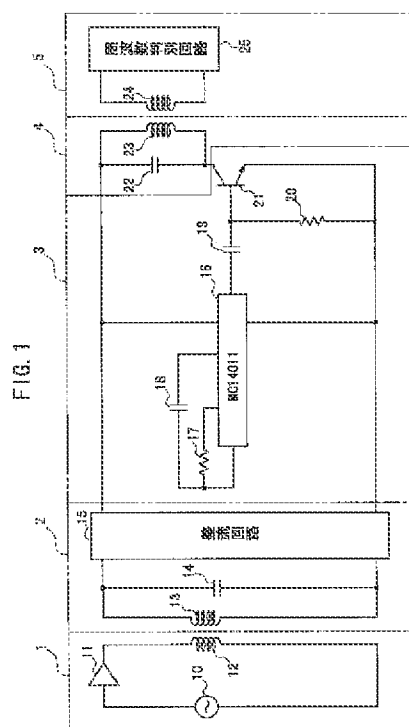
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量センサ

(57) 【要約】

【課題】離れた位置における物理量の検出が行える物理量センサを提供する。

【解決手段】外部発振器10からの発振出力に基づき磁界を発生するコイル12に誘導コイル13を電磁結合させて伝達した電気エネルギーを直流に変換した駆動エネルギーをエネルギー発生部2にて発生させ、発生させた駆動エネルギーで内部発振部3を動作させ、物理量検出部4にて検出物理量に基づきコイル23のインダクタンスを変化させて、内部発振部3のパルス発振出力中からコンデンサ22とコイル23とからなる回路の共振周波数を送出させ、コイル23に電磁結合するコイル24を備えた外部設置の受信部5を構成する周波数判別回路25により共振周波数を測定することによって物理量計測を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】外部発振器からの発振出力を受けて発生した磁界に基づいて駆動エネルギーを発生するエネルギー発生手段と、エネルギー発生手段により発生させた駆動エネルギーにより駆動されて物理量を検出し検出物理量に基づく周波数の出力を発生する物理量検出手段とを備え、物理量検出手段と電磁結合する結合回路を備えた外部設置の受信手段における周波数判別回路により物理量検出手段から出力される周波数を検出することを特徴とする物理量センサ。

【請求項2】請求項1記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、エネルギー発生手段によって発生させた駆動エネルギーにより駆動されてパルス発振をする内部発振部と、内部発振部の発振出力を入力とし、かつ物理量を検出して検出物理量に基づく周波数の出力を送出する物理量検出部とを備えたことを特徴とする物理量センサ。

【請求項3】請求項1記載の物理量センサにおいて、エネルギー発生手段は、外部発振器の出力を受けて発生した磁界と結合する誘導コイルと、誘導コイルの出力を整流する整流手段とを備えたことを特徴とする物理量センサ。

【請求項4】請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、検出物理量をインダクタンス、またはキャパシタンスのいずれか一方に変換する物理量検出手段を含み、検出物理量を周波数に変換することを特徴とする物理量センサ。

【請求項5】請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、感温特性を有する磁性体と感温特性を有する磁性体に巻回したコイルとを備えることを特徴とする物理量センサ。

【請求項6】請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、感温特性を有する磁性体と感温特性を有する磁性体に巻回したコイルに加えて、感温特性を有する磁性体にエネルギー発生部におけるコイルを巻回したことを特徴とする物理量センサ。

【請求項7】請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、温度特性を有するコンデンサを備え、温度変化をコンデンサのキャパシタンス変化に変換することを特徴とする物理量センサ。

【請求項8】請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、外力が加えられたとき加えられた外力に基づきインダクタンスを変化させる磁歪薄膜を備えることを特徴とする物理量センサ。

【請求項9】請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、外力が加えられたとき加えられた外力に基づきキャパシタンスが変化する素子を備えることを特徴とする物理量センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、温度、圧力、加速度などの物理量を周波数に変換して遠隔位置で検出する物理量センサに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の物理量センサ、例えば温度センサの場合、被測定体の温度を計測するために被測定体に温度センサである温度計を接触させて行っている。しかし、被測定体が離れた位置に存在し、温度センサと直接接触することができない場合には温度検出は困難になる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような場合、赤外線センサ等を利用して温度検出が行われるが、この方法では被測定体の表面温度しか検出できないという問題点がある。例えば、生体深部等の温度を検出することはきわめて困難であるという問題点がある。また、温度に限らず、圧力、加速度などについても同様である。

【0004】また、遠隔位置で物理量を計測する場合、検出物理量の伝送のために、物理量センサが大型化して、前記の生体深部における温度を検出することが困難であるという問題があった。

【0005】本発明は、離れた位置における物理量の検出を可能にした物理量センサを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1にかかる物理量センサは、外部発振器からの発振出力を受けて発生した磁界に基づいて駆動エネルギーを発生するエネルギー発生手段と、エネルギー発生手段により発生させた駆動エネルギーにより駆動されて物理量を検出し検出物理量に基づく周波数の出力を発生する物理量検出手段とを備え、物理量検出手段と電磁結合する結合回路を備えた外部設置の受信手段における周波数判別回路により物理量検出手段から出力される周波数を検出することを特徴とする。

【0007】本発明の請求項1にかかる物理量センサによれば、外部発振器からの発振出力を受けて発生した磁界に基づいてエネルギー発生手段によって駆動エネルギーが発生させられ、発生された駆動エネルギーを受けて物理量検出手段が駆動され、物理量検出手段によって物理量が検出されて検出物理量に基づく周波数の出力が発生させられる。

【0008】したがって物理量検出手段が動作するためのエネルギー源としての電源装置が物理量センサの内部に設けることが不要となる。

【0009】物理量検出手段によって検出された物理量に基づく周波数に基づく出力が受信手段の結合回路によって電磁結合され、物理量に基づく周波数は周波数判別回路によって判別されて、判別された周波数に基づいて物理量が検出される。

【0010】しかるに、外部発振器および受信手段は外部設置であって、被測定体から物理量を検出するために外部発振器とエネルギー発生手段とは電磁結合で済み、かつ物理量検出手段と受信手段とは電磁結合で済むため、物理量センサの容積は小さくでき、例えば生体深部の物理量の検出が可能となる。

【0011】本発明の請求項1にかかる物理量センサにおいて、外部発振器からの出力を受けて発生した磁界に基づいてエネルギー発生手段がエネルギーを発生する際には、エネルギー発生手段が有する誘導コイルと誘導コイルに接続されている回路から決定される特定の周波数の磁界を発生させることにより、エネルギーの伝達効率を高めることが可能となる。

【0012】本発明の請求項2にかかる物理量センサは、請求項1記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、エネルギー発生手段によって発生させた駆動エネルギーにより駆動されてパルス発振をする内部発振部と、内部発振部の発振出力を入力とし、かつ物理量を検出して検出物理量に基づく周波数の出力を送出する物理量検出部とを備えたことを特徴とする。

【0013】本発明の請求項2にかかる物理量センサによれば、外部発振器からの発振出力を受けて発生した磁界に基づいてエネルギー発生手段によって駆動エネルギーが発生させられ、発生された駆動エネルギーによって内部発振部が駆動されてパルス発振を行い、内部発振部の出力中から、物理量検出手段によって検出された検出物理量に基づく周波数の出力が送出させられる。

【0014】したがって物理量検出手段によって検出物理量が周波数に変換されて送出され、かつ物理量検出手段が動作するためのエネルギー源としての電源装置が物理量センサの内部に不要となる。

【0015】本発明の請求項3にかかる物理量センサは、請求項1記載の物理量センサにおいて、エネルギー発生手段は、外部発振器の出力を受けて発生した磁界と結合する誘導コイルと、誘導コイルの出力を整流する整流手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】本発明の請求項3にかかる物理量センサによれば、エネルギー発生手段は外部発振器の出力を受けて発生した磁界と誘導コイルとが結合し、誘導コイルの出力が整流手段によって整流された出力によりエネルギーが発生されることによって、構成が簡単で済む。

【0017】本発明の請求項4にかかる物理量センサは、請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、検出物理量をインダクタンス、またはキャパシタンスのいずれか一方に変換する物理量検出手段を含み、検出物理量を周波数に変換することを特徴とする。

【0018】本発明の請求項4にかかる物理量センサによれば、物理量検出手段は、検出物理量をインダクタンス、またはキャパシタンスのいずれか一方に変換する物

理量検出手段を含んで構成されて、検出物理量が検出物理量に基づく周波数に変換され、変換された周波数によって物理量を検出することができる。

【0019】本発明の請求項5にかかる物理量センサは、請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、感温特性を有する磁性体と感温特性を有する磁性体に巻回したコイルとを備えることを特徴とする。

【0020】本発明の請求項5にかかる物理量センサによれば、物理量検出手段は、感温特性を有する磁性体と感温特性を有する磁性体に巻回したコイルとを備えて構成され、磁性体の温度特性が温度にしたがって変化して、温度が周波数に変換され、変換された周波数により温度が検出できる。

【0021】本発明の請求項6にかかる物理量センサは、請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、感温特性を有する磁性体と感温特性を有する磁性体に巻回したコイルに加えて、感温特性を有する磁性体にエネルギー発生手段におけるコイルを巻回したことを特徴とする。

【0022】本発明の請求項6にかかる物理量センサによれば、物理量検出手段は、感温特性を有する磁性体と感温特性を有する磁性体に巻回したコイルに加えて、感温特性を有する磁性体にエネルギー発生手段におけるコイルが巻回されているため、エネルギー発生部のコイルと物理量検出手段のコイルとが共に磁性体に巻回されて、必要容積は小さくて済むことになる。

【0023】本発明の請求項7にかかる物理量センサは、請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、温度特性を有するコンデンサを備え、温度変化をコンデンサのキャパシタンス変化に変換することを特徴とする。

【0024】本発明の請求項7にかかる物理量センサによれば、物理量検出手段は、温度特性を有するコンデンサを用いることにより、温度変化がコンデンサのキャパシタンス変化に変換され、温度が周波数に変換されて周波数により温度が検出できる。

【0025】本発明の請求項8にかかる物理量センサは、請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、外力が加えられたとき加えられた外力に基づきインダクタンスを変化させる磁歪薄膜を備えることを特徴とする。

【0026】本発明の請求項8にかかる物理量センサによれば、加えられた外力に基づいて磁歪薄膜のインダクタンスが変化し、外力が周波数に変換されて周波数により加えられた外力が検出できる。したがって、圧力、応力、加速度等の物理量の検出が可能となる。

【0027】本発明の請求項9にかかる物理量センサは、請求項1または2記載の物理量センサにおいて、物理量検出手段は、外力が加えられたとき加えられた外力に

基づきキャパシタンスが変化する素子を備えることを特徴とする。

【0028】本発明の請求項9にかかる物理量センサによれば、加えられた外力に基づいてキャパシタンスが変化し、外力が周波数に変換されて変換された周波数により外力が検出できる。したがって、圧力、応力、加速度等の物理量の検出が可能となる。

【0029】

【発明の実施の形態】本発明にかかる物理量センサを実施の一形態によって説明する。

【0030】図1は本発明の実施の一形態にかかる物理量センサの構成を示すブロック図であり、測定物理量として温度を計測する場合を例示している。

【0031】参照符号1はエネルギー供給回路を示し、外部発振器10、増幅器11およびコイル12からなり、外部発振器10の出力は増幅器11にて増幅のうえコイル12に印加され、コイル12にて磁界を発生させる。

【0032】参照符号2はエネルギー発生部を示し、コイル12による磁束と鎖交して起電力を発生する誘導コイル13、誘導コイル13に並列接続されたコンデンサ14およびコンデンサ14の出力電圧を整流する整流回路15からなる。誘導コイル13で電磁誘導により発生したエネルギーはコンデンサ14に蓄積される。ここで、エネルギー発生部2はエネルギー発生手段に対応している。

【0033】コンデンサ14に蓄積されるエネルギーを最大にするため、外部発振器10の出力信号の周波数は、誘導コイル13とコンデンサ14により構成される回路の共振周波数と一致させている。コンデンサ14に蓄えられた電荷に基づく電圧は、整流回路15で直流電圧に変換される。

【0034】したがって、誘導コイル13に誘起された起電力は、直流に変換されてエネルギー発生部2から出力

$$f = 1 / \{ 2 \pi \cdot (LC)^{1/2} \}$$

したがって、内部発振部3から出力される発振出力中の周波数成分 $f$ の信号が増幅され、この周波数 $f$ を検出することによって温度の検出が可能となる。

【0040】受信部5は、コイル23と電磁結合する結合回路を構成するコイル24と周波数判別回路25からなり、物理量検出部4から出力される周波数 $f$ を検出する。検出された周波数 $f$ に基づき、物理量センサにより検出した温度を測定することができる。

【0041】上記のように構成された本発明の実施の一形態にかかる物理量センサによれば、局所温度を遠隔位置、かつリアルタイムで計測することが可能となる。

【0042】次に、用いた各素子について具体的に説明する。

【0043】コイル12には、例えば直径200mm $\phi$ 、長さ16mm、10ターンの絶縁導体による巻き線を施した27 $\mu$ Hの空芯コイルを用いた。誘導コイル13には例えば断面積28mm<sup>2</sup>、長さ50mmの角型断

される。

【0035】参照符号3は内部発振部であり、エネルギー発生部2から供給されたエネルギーを用いてパルス発振をする内部発振器16と、内部発振器16の発振出力をコンデンサ19、抵抗20およびトランジスタ21からなる増幅器とを備えて、内部発振器16の発振出力を増幅器によって増幅し、増幅出力を後記の物理量検出部4に供給する。ここで、内部発振部3と物理量検出部4は物理量検出手段に対応している。

【0036】内部発振器16は、例えば4個のノア回路からなる集積回路MC14011を用いて、ノア回路の各入力端子を共通に接続すると共に、4個のノア回路を継続接続し、初段のノア回路の出力を抵抗17を介して初段のノア回路の入力に帰還し、2段目のノア回路の出力をコンデンサ18を介して初段のノア回路の入力に帰還して構成し、抵抗17の抵抗値とコンデンサ18のキャパシタンスに基づく周波数のパルス発振をさせる。

【0037】物理量検出部4は、コンデンサ22とコンデンサ22に並列接続されたコイル23からなり、内部発振部3からの発振出力が印加される。ここでは、測定物理量として温度を計測するので、感温特性を有する磁性材料を用いた温度計測を例示し、コイル23は感温特性を有する磁性体に巻回してある。さらにここでは、物理量検出部4が備えるコイル23と、後記の受信部5と電磁結合するためのコイルとを共用している。

【0038】感温特性を有する磁性体に巻回してあるコイル23のインダクタンスは温度に基づき変化し、コンデンサ22のキャパシタンスをC、コイル23のインダクタンスをLとすると、キャパシタンスCとインダクタンスLによる共振周波数 $f$ は、下記の(1)式に基づいて変化する。

【0039】

$$\dots (1)$$

面フェライトコアに50ターンの絶縁導体による巻き線を施したものを用い、コンデンサ14には1000pFのものを用いた。誘導コイル13とコンデンサ14による共振周波数は約90kHzであり、外部発振器10の出力周波数を90kHzと同調させた。このときのエネルギー発生部2の出力電圧は直流10Vであった。

【0044】内部発振部3には例えば集積回路MC14011を用いたパルス発振回路を利用することで、抵抗17に39k $\Omega$ の抵抗を用い、コンデンサ18に15nFのコンデンサを用いたとき、周期1msのパルス波発振出力を得た。

【0045】コイル23を形成する温度特性を有する磁性材料には感温フェライトを用いた。キュリー温度55 $^{\circ}$ C、直径4mm、厚さ1.6mmの円盤状の感温フェライトを9個重ね、このまわりに絶縁導体で588ターンの巻き線を施してコイル23とした。このときのコイル23のインダクタンスは55 $^{\circ}$ C $\sim$ 80 $^{\circ}$ Cの温度に対し

て、 $817\mu\text{H}\sim 2.4\text{mH}$ の間で変化した。コンデンサ22には $0.5\text{nF}$ のコンデンサを用いた。これらの素子を用いることによりコンデンサ22とコイル23とによる共振周波数 $f$ は温度に依存して $140\text{kHz}\sim 240\text{kHz}$ の間で変化した。

【0046】コイル24は断面積 $22.5\text{mm}^2$ のフェライトのカットコアに絶縁導体による200ターンの巻き線を施したもので、インダクタンスは $2.9\text{mH}$ であった。周波数判別回路25はラジオ受信機のオートチューニング機構を模したもので、内部のコンデンサの静電容量を変化させることにより、コイル24が受信した信号の周波数を測定する。

【0047】コイル12と誘導コイル13の間の距離を $200\text{mm}$ とし、コイル23とコイル24の距離も $200\text{mm}$ とした状態で、温度のリモート・センシング能力について測定した結果は次の如くであった。

【0048】物理量検出部4の周辺の温度を変化させた際にコイル23に発生する磁界の周波数は温度により変化し、図2に示すように温度上昇に対して単調に共振周波数 $f$ が上昇した。コイル24に接続された周波数判別回路25に入力される電圧は、図3に模式的に示されるような周波数スペクトルを有するため、このスペクトルの中で最も大きな周波数成分を抽出することにより温度を計測することができる。

【0049】上記の結果から、この場合には離れた位置での温度計測が、 $55^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で、遠隔位置でかつリアルタイムに計測可能であることが明らかとなった。

【0050】上記のように、本発明の実施の一形態にかかる物理量センサでは、温度を周波数に変換して計測することから、物理量センサの位置が測定中に変動し、電磁誘導により送受信する信号の強度が変化しても、測定には全く支障がないという効果が得られる。

【0051】さらに、本発明の実施の一形態にかかる物理量センサを2つ以上配置した場合には、複数の物理量センサのそれぞれの誘導コイル13とコンデンサ14とによる共振回路の共振周波数を変えておくことにより、外部発振器10の発振周波数を変化させることで、エネルギー供給を受ける物理量センサ、すなわち動作する物理量センサを選択することが可能となる。

【0052】また、誘導コイル13をコイル23の感温フェライト上にコイル23と共に巻回してもよい。このようにすることによって、本発明の実施の一形態にかかる物理量センサを小型化することができる。

【0053】誘導コイル13をコイル23と共用することも可能であり、これにより物理量センサを小型化することができる。この場合には、外部発振器10の発振周波数を物理量センサが出力する周波数領域の外に設定するか、あるいは時分割方式として予め定めたある期間は誘導コイル13としてエネルギー供給を受け、そして前記

予め定めた期間の他の期間は物理量検出部4からの出力を送出するコイル23として作用させるなどの方法により、誘導コイル13とコイル23の共用を行う。

【0054】温度計測の方法は、上記したようにコイル23のインダクタンス変化に基づくもののほか、インダクタンス $L$ の変化に代わってコンデンサ22のキャパシタンスの温度変化を用いる方法であってもよい。

【0055】なお、物理量検出部4に感温特性を有する磁性体を用いる場合、具体的な磁性体として、例えば透磁率が温度により変化する軟磁性材料、或いは温度スイッチなどに用いられる感温フェライト材料などを適用することもできる。

【0056】図4は、チタン酸バリウムなどの誘電体の誘電率の温度変化を示すものである。この誘電体を用いてコンデンサ22を構成することにより、コンデンサ22のキャパシタンスが温度によって変化し、物理量検出部4のコンデンサ22とコイルとによる共振周波数 $f$ が変化する。そのため物理量検出部4のコイルから出力される磁界の周波数が変化し、周波数判別回路25で周波数を計測することにより温度計測が可能となる。

【0057】また、図5に示すように、カンチレバー構造の加速度検出器40において、直接通電時のインダクタンスが歪みにより変化する材料、たとえばコバルト・鉄・シリコン・ボロン薄膜をコイル構造に形成した磁歪薄膜コイル42を、カンチレバー41の根元部分に設けることで、受けた加速度に基づくカンチレバー41の根元部分の歪みをインダクタンス変化に変換可能となる。そのため、コイル23に代わって上記コイル構造に形成した磁歪薄膜コイル42を用いることにより加速度のリモート・センシングが可能となる。

【0058】また、コンデンサ22に代えて、図6に示すように、受けた圧力により対向する電極板間の間隔が変化してキャパシタンスが変化する圧力センサを用いて、圧力、応力を計測することもできる。この図6では、単結晶 $\text{Si}$ のサブストレートに多結晶 $\text{Si}$ と $\text{n}^+$ をドープした層をそれぞれ電極として用いた場合を示し、多結晶 $\text{Si}$ と $\text{n}^+$ に加えられる圧力に基づいてそのキャパシタンスが変化する。

【0059】上記においては、温度計測、加速度計測、圧力、応力計測の場合を例示したが、これ以外の物理量であっても、測定物理量をインダクタンス変化、あるいはキャパシタンス変化に変換できる物理量検出部を、この物理量センサに適用可能である。

【0060】

【発明の効果】以上説明したように、本発明にかかる物理量センサによれば、物理量が周波数に変換されて検出され、物理量センサがおかれた位置にかかわらず検出することができ、さらに、小型化が可能であって、従来、測定不能であった位置における物理量の検出が可能となる。さらに物理量センサの動作エネルギーが外部から磁気

的に与えられるため、物理量センサの内部にエネルギー源を設ける必要がなく、離れた位置における物理量の検出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の一形態にかかる物理量センサの構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明の一形態にかかる物理量センサの作用の説明に供する温度対共振周波数特性図である。

【図3】 本発明の実施の一形態にかかる物理量センサの作用の説明に供するため、温度をパラメータとした受信電圧対周波数特性図である。

【図4】 本発明の実施の一形態にかかる物理量センサに用いる誘電体の誘電率の温度特性図である。

【図5】 本発明の実施の一形態にかかる物理量センサに

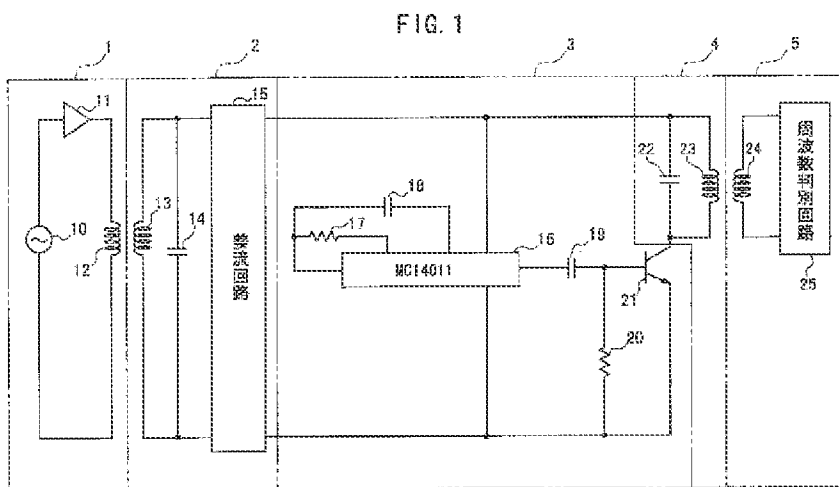
用いる加速度検出器の一例を示す模式図である。

【図6】 本発明の実施の一形態にかかる物理量センサに用いる圧力センサの一例を示す模式図である。

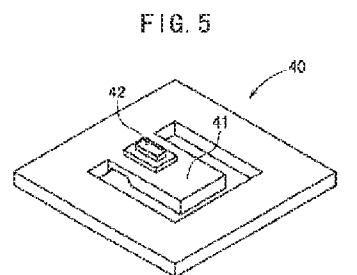
【符号の説明】

- |             |            |
|-------------|------------|
| 1…エネルギー供給回路 | 2…エネルギー発生部 |
| 3…内部発振部     | 4…物理量検出部   |
| 5…受信部       | 10…外部発振器   |
| 11…増幅器      | 12…コイル     |
| 13…誘導コイル    | 14…コンデンサ   |
| 15…整流回路     | 16…内部発振器   |
| 22…コンデンサ    | 23…コイル     |
| 24…コイル      | 25…周波数判別回路 |
| 40…加速度検出器   | 41…カンチレバー  |
| 42…磁歪薄膜コイル  |            |

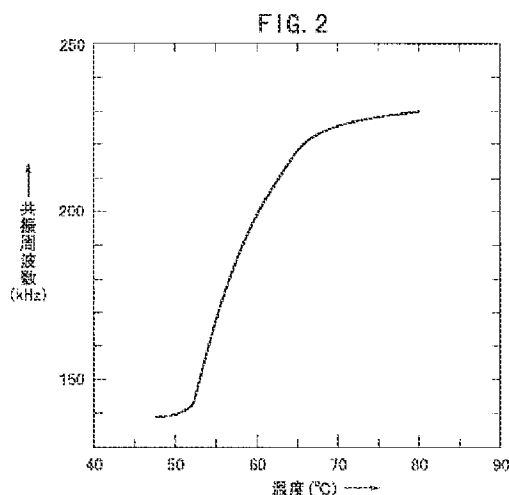
【図1】



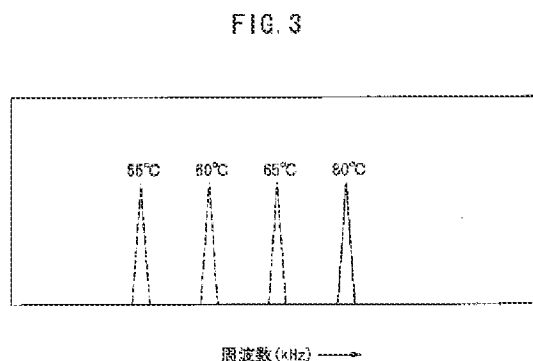
【図5】



【図2】

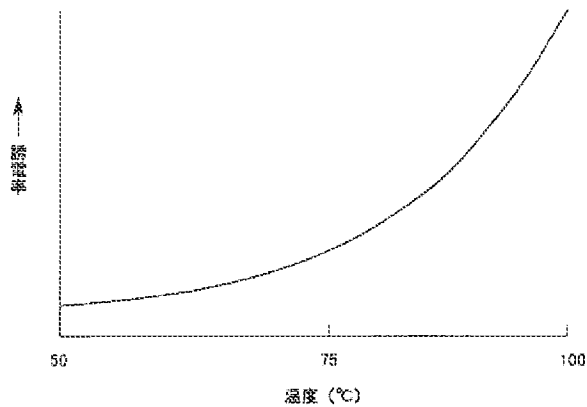


【図3】



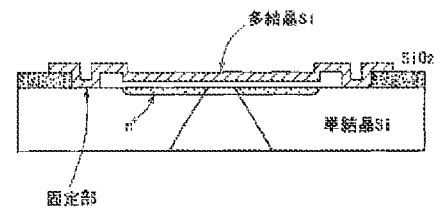
【図4】

FIG. 4



【図6】

FIG. 6



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>7</sup> (参考)
G 0 1 L 9/12		G 0 1 L 9/12	
G 0 1 P 15/11		G 0 1 P 15/11	
	15/125	15/125	
H 0 1 L 29/84		H 0 1 L 29/84	A
(72) 発明者 井上 光輝		(72) 発明者 板垣 篤	
愛知県岡崎市伊賀町地藏ヶ入20番8号		宮城県仙台市若林区南材木町48番地 凌和	
(72) 発明者 金 栄学		電子株式会社内	
宮城県仙台市太白区八木山松波町4番5号		F ターム (参考) 2F055 AA40 BB20 CC02 DD05 EE21	
東北大学八木山ホールA301		EE25	
(72) 発明者 大槻 悦夫		2F056 CL08 SA08 SA10	
宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号		4M112 AA01 BA07 CA02 CA12 EA03	
株式会社トーキン内		EA04	